



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

www.em-consulte.com



ARTICLE ORIGINAL

Calcium et santé osseuse chez l'enfant et l'adolescent

Calcium and bone health during childhood and adolescence

L. Esterle

Service d'endocrinologie pédiatrique, centre de référence des maladies rares du métabolisme du calcium et du phosphore, Inserm U561, hôpital Saint-Vincent-de-Paul, 82, avenue Denfert-Rochereau, 75014 Paris, France

MOTS CLÉS

Croissance ;
Minéralisation
osseuse ;
Calcium ;
Produits laitiers ;
Récepteur de la
vitamine D (VDR)

KEYWORDS

Growth;
Bone mineralization;
Calcium;
Dairy products;
Vitamin D receptor
(VDR)

Résumé Le calcium joue un rôle clé dans la santé osseuse, plus particulièrement pendant l'enfance et l'adolescence où la croissance staturale s'accompagne d'une minéralisation accrue de l'os néoformé. Durant cette période : (1) les apports très faibles en calcium sont associés à un risque de rachitisme et/ou d'ostéoporose, (2) le comportement d'évitement du lait ou des produits laitiers réduit l'acquisition de la masse minérale osseuse et la croissance en taille, (3) la supplémentation en lait ou extrait de lait augmente le gain de masse osseuse, la hauteur des vertèbres, l'épaisseur des os longs et la vitesse de croissance en taille, (4) l'effet d'un apport en lait ou en produits laitiers semble supérieur à celui d'un apport équivalent de calcium sous d'autres formes, (5) les besoins en lait requis pour assurer la santé osseuse pendant l'adolescence semblent être influencés par la génétique.

© 2009 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary Calcium intakes have long been thought to be crucial for bone health during childhood and adolescence when statural growth is closely linked to an increase of mineralization of the neo-formed bone. During this period: (1) very low calcium intakes were associated with a risk of nutritional and/or osteoporosis, (2) milk/dairy products avoidance hampers bone mineral mass acquisition and statural growth particularly during childhood, (3) supplementation of milk or milk extract increases bone mass gain, vertebrae height, thickness of long bones and growth velocity, (4) the impact of calcium from milk/dairy products intakes appear more beneficial than calcium from other sources, (5) calcium/dairy products intakes required to ensure bone health during childhood and adolescence, seems to be influenced by genetics.

© 2009 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Adresse e-mail : laure.esterle@inserm.fr.

Rôle du calcium dans l'organisme

Le calcium est un nutriment essentiel au bon fonctionnement du corps humain, en particulier pour la « santé osseuse ». Le calcium est le plus abondant cation du corps humain ; il représente à lui seul 50 % des éléments inorganiques de l'organisme. C'est sous la forme ionisée (Ca^{++}) que le calcium a un rôle fondamental de second messager intracellulaire. Il participe à de nombreux processus vitaux comme la contraction musculaire, la conduction nerveuse, les sécrétions hormonales et digestives, la coagulation sanguine mais aussi comme co-facteur pour un certain nombre d'enzymes. Le calcium participe aussi à une pléiotropie de fonctions cellulaires (croissance, prolifération, apoptose).

Le rôle fondamental du calcium dans le fonctionnement de l'organisme nécessite le maintien constant de sa concentration extracellulaire dans des limites stables et étroites. L'organisme dispose de réserves importantes d'ions calcium, dont 99 % sont stockées dans l'os et sont libérables rapidement si besoin. Cependant, les minéraux, et principalement le calcium, exercent une autre fonction essentielle, celle de permettre la station debout et la locomotion.

Calcium et croissance

Le développement harmonieux du squelette nécessite la croissance à la fois en longueur et en épaisseur de ses éléments osseux, ainsi que leur minéralisation. Ces phénomènes augmentent de façon critique les besoins de l'organisme en minéraux, particulièrement en calcium, en phosphates et, dans une moindre mesure, en magnésium et en zinc, car ils sont directement impliqués dans la construction des cristaux « osseux » d'hydroxyapatite.

La masse calcique déposée sur le squelette qui accompagne la croissance staturale jusqu'à l'âge de neuf à dix ans est d'environ 450 g.

À l'adolescence, le pic de croissance pubertaire et le doublement de la masse minérale osseuse entraînent un accroissement majeur des besoins en calcium car ce sont près de 600–700 g de ce minéral qui sont déposés sur le squelette entre dix et 18–20 ans, soit une accrétion quotidienne de 200–250 mg/j. Si l'on y ajoute les pertes urinaires et sudorales de calcium, ce sont près de 400 mg de calcium qui doivent être absorbés chaque jour à partir de l'alimentation. Sachant que l'efficacité de l'absorption intestinale de calcium est de 30 à 50 % à l'adolescence, on conçoit que l'apport quotidien de calcium devrait être de 800–1300 mg par jour pour assurer une bonne minéralisation du squelette.

C'est, entre autres, sur ces bases qu'ont été proposés en France des apports journaliers conseillés en calcium de 1200 mg/j, afin de couvrir les besoins de 95 % des adolescents de dix à 19 ans.

Cela justifie qu'actuellement en France les apports nutritionnels conseillés (ANC) en calcium sont de 900 et 1200 mg/j pour les enfants de sept à neuf ans et les adolescents de dix à 19 ans. Les ANC sont calculés pour couvrir

130 % des besoins moyens afin d'assurer les besoins en calcium chez 97,5 % de la population étudiée [1].

Origine alimentaire du calcium

Quelques légumes verts (chou, persil, épinards...), des fruits secs (figes, raisins, dattes...), quelques oléagineux (amandes douces, pistaches, noisettes...) et certaines eaux minérales contiennent du calcium mais la plupart des aliments en sont très pauvres. Les produits laitiers (PL) tiennent une place à part dans ces apports calciques en raison de leur contenu élevé en ce minéral (Tableau 1).

Carence en calcium et santé osseuse

Les situations de carence profonde en calcium (150–250 mg/jour) sont associées à des signes de rachitisme similaire à ceux observés dans le cas de rachitisme carenciel en vitamine D, avec des déformations osseuses, notamment des membres inférieurs et du crâne. Les signes disparaissent avec une consommation régulière de produits laitiers ou une supplémentation en calcium [2].

Lorsque l'altération concerne la minéralisation de la matrice osseuse (os longs, vertèbres...), une diminution de la densité minérale osseuse (DMO) est observée, qui, selon le degré de sévérité, est appelée ostéopénie ou ostéoporose. Cette diminution de la DMO peut s'accompagner de douleurs et d'une augmentation du risque fracturaire.

Évitement des produits laitiers chez les enfants et adolescents

Le comportement d'évitement du lait a un impact sur l'acquisition de la masse osseuse et la croissance en taille chez l'enfant mais ces effets diffèrent selon l'âge étudié. Un retard de croissance en taille et un défaut d'acquisition de la minéralisation, à la fois sur les vertèbres et les os longs, ont été observés chez des enfants prépubères de trois à dix ans [3]. En revanche, chez les adolescentes chez qui on observe un ralentissement physiologique de la croissance staturale, seul l'effet sur la minéralisation osseuse est visible [4].

Supplémentation en calcium/produits laitiers chez l'enfant et l'adolescent

Des études randomisées contre placebo ont étudié les effets d'une supplémentation en calcium pendant l'enfance et l'adolescence sur la croissance et la minéralisation osseuses. La plupart de ces études concernent les filles mais quelques études ont été réalisées chez des garçons et d'autres n'ont pas différencié les deux sexes [5]. Les résultats de ces études divergent en fonction de l'âge, du site osseux étudié, du sexe et des apports en calcium au début de l'étude.

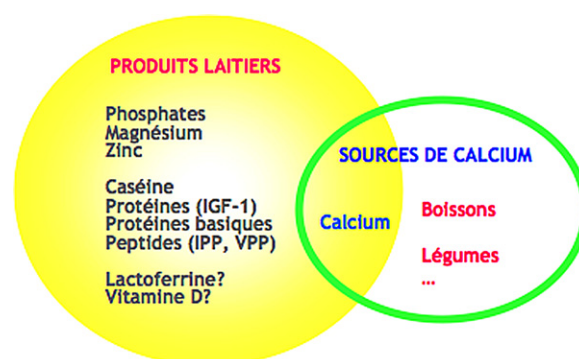
La supplémentation en calcium avant la puberté semble être bénéfique pour la masse osseuse mais aussi pour la croissance en taille des os longs, même chez les enfants vivant en Europe, principalement lorsque les apports calciques sont bas (inférieurs à 800 mg/j). Chez l'adolescent

Tableau 1 Teneurs en calcium des différents types d'aliment (source : données issues de la Table CIQUAL 2008).

Produits	Calcium (moyenne ou extrême) mg/100 g
<i>Fromages (liste par ordre croissant de calcium)</i>	
Pâtes pressées cuite (parmesan, emmental, Comté...)	1000–1200
Pâtes pressées non cuite (tome, cantal, Pyrénées...)	600–800
Pâtes persillées (bleus, roquefort, stilton...)	600–700
Pâtes molles	
Croûte lavée (munster, vacherin...)	350–700
Croûte fleurie (brie, camembert...)	300–400
<i>Laits et produits laitiers frais</i>	
Lait de vache (entier, demi-écrémé, écrémé)	120
Yaourt	150–180
Fromages blancs	115
Petits suisses	110
Crèmes desserts	135
<i>Autres aliments</i>	
Légumes secs (lentilles, fève, haricot blanc, pois chiche...)	20–60
Légumes verts	
Poireau, petits pois, chou vert	26
Haricot vert, brocoli, épinards	40–160
Certaines salades (mâche, frisée, chou rouge, cresson...)	40–160
Fruits (mûre, orange, cassis, figue, rhubarbe)	30–90
Fruits secs (raisin, pruneau, abricot, datte, figue)	40–160
Oléagineux (olives, cacahouètes, noix, amandes...)	40–250
Chocolat (noir/au lait)	50/200
<i>Boissons (mg/ml)</i>	
Eau minérale très calcique	467–555
Eau minérale calcique	150
Eau minérale faiblement calcique	< 10
Eau du robinet (valeur moyenne)	80–100

(après les premières règles chez les filles et en fin de puberté chez les garçons), l'effet de la supplémentation est plus net sur la minéralisation de l'os trabéculaire (vertèbres lombaires, hanche). Son effet est également plus facilement observé lorsque les apports spontanés sont faibles (inférieurs à 800 mg/j).

Des données récentes suggèrent un impact supérieur du lait/PL par rapport à un apport comparable de calcium sous forme de carbonate ou citrate/malate [6]. L'effet bénéfique supplémentaire du lait/PL par rapport aux autres sources de calcium (eau, médicament) est très probablement lié à leurs compositions nutritionnelles. La présence de minéraux tels que phosphates, magnésium et zinc, mais aussi d'autres éléments nutritifs du lait pourrait expliquer cet effet bénéfique, notamment grâce aux protéines qui stimulent la formation osseuse par l'intermédiaire de l'IGF-1 ou aux protéines spécifiques, comme les protéines basiques qui pourraient augmenter la formation osseuse et diminuer la résorption osseuse dans certaines conditions, aux phosphoprotéines de la caséine, petits peptides produits au cours de la fermentation du lait ou au cours de la digestion (Fig. 1), ou même aux facteurs hormonaux, comme le PTHRP et les estrogènes autres que le 17-bêta-estradiol [7]. De plus, certains laits sont supplémentés en vitamine D, vitamine indispensable à l'absorption intestinale du calcium.

**Figure 1.** Produits laitiers = Calcium+ ?

Calcium et autres fonctions physiologiques

Le calcium participe à de nombreux processus vitaux : la conduction nerveuse, les sécrétions hormonales et digestives, la coagulation sanguine ; il agit également en tant que co-facteur pour un certain nombre d'enzymes. De plus, le calcium participe à une pléiotropie de fonctions cellulaires (croissance, prolifération, apoptose). Il a également un rôle clé dans la contraction musculaire. En effet, l'évènement déclenchant de la contraction musculaire est une augmen-

tation de la concentration intracellulaire en calcium, le relâchement étant obtenu par un retour à la concentration initiale.

Calcium, santé osseuse et activité physique

La station debout et la marche sont des composants essentiels de la constitution de la masse osseuse au cours de la croissance.

Les muscles exercent également des forces mécaniques qui favorisent l'accrétion osseuse.

L'activité physique, même passive, stimule la croissance musculaire et la minéralisation osseuse. Elle est donc à encourager en parallèle d'une consommation adéquate de calcium/lait et d'un statut vitaminique D correct (20–30 ng/mL), particulièrement pendant l'enfance et l'adolescence et chez la femme post-ménopausée.

Couverture des besoins en calcium pendant la croissance

L'ensemble de ces études suggère fortement un rôle bénéfique du lait et des PL sur la minéralisation de l'os cortical, chez l'enfant prépubère, et de l'os trabéculaire, chez l'adolescente.

Il reste à définir quels pourraient être les apports lactés à recommander. Il est généralement admis que l'alimentation « courante » apporte 400 mg de calcium (légumes verts, eau...).

Cet apport est fourni par la consommation de trois portions de PL, comme un bol de lait (environ 300 mg de calcium), 30 g de fromage à pâte dure (environ 100 mg de calcium) et un produit laitier frais type yaourt (120 mg de calcium) (Fig. 2).

La situation peut se compliquer chez les sujets souffrant de troubles digestifs suite à la consommation de lait. La

Afin d'atteindre les 900–950 mg/j qui semblent permettre de préserver la santé osseuse pendant la croissance, il est recommandé de consommer en complément 550 mg/j de calcium sous forme de produits laitiers.

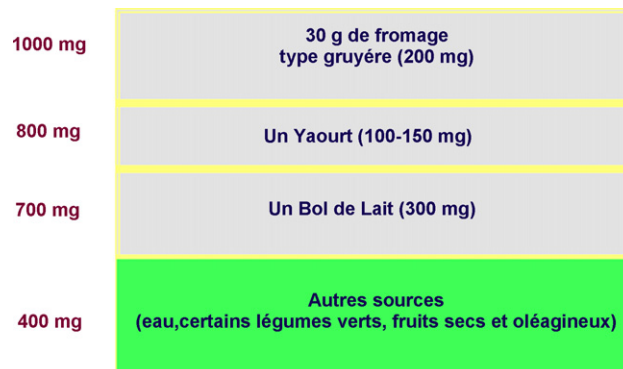


Figure 2. Où trouver un gramme de calcium ?

consommation régulière de lait augmente la tolérance au lactose, même chez les sujets souffrant de « malabsorption du lactose », notamment grâce à une adaptation de la flore bactérienne colique [8]. Autrement, la consommation de fromages affinés, pauvres en lactose, et/ou de yaourt fermenté ainsi que de laits sans lactose permet de couvrir les apports calciques journaliers recommandés.

Influence de facteurs génétiques sur les besoins en calcium pendant la croissance

Il est généralement admis que l'efficacité de l'absorption intestinale du calcium dépend de la vitamine D, et donc de son récepteur, le *vitamin D receptor* (VDR). Un poly-

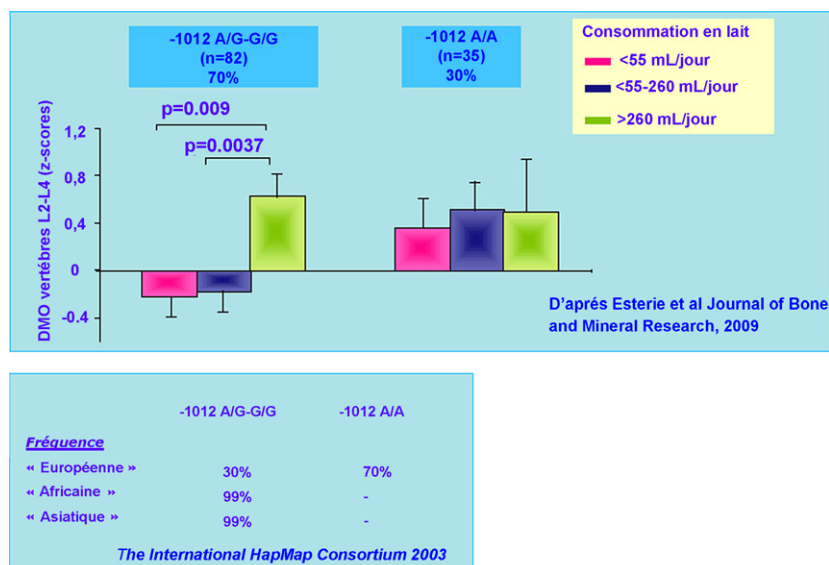


Figure 3. Consommation de lait, masse osseuse et génotype du *vitamin D receptor*.

morphisme fonctionnel au niveau du promoteur de ce gène est particulièrement intéressant, comme le suggère une étude qui apporte des arguments en faveur de l'influence de ce polymorphisme (en -1012 du VDRp) sur la quantité d'apports en laits nécessaires à la minéralisation des vertèbres lombaires chez des adolescentes caucasiennes [9]. En effet, chez ces jeunes filles d'origine caucasienne, porteuses d'un variant génétique présent dans 99% des populations asiatiques et africaines, la minéralisation osseuse ne semble pas être influencée par les apports en calcium/lait, alors que les jeunes filles porteuses du variant typiquement caucasien (70% de la population) ont besoin d'un apport en lait supérieur à 260 mL/j (au moins 900 mg/j de calcium) pour préserver leur minéralisation (Fig. 3).

Conclusion

Il semble maintenant évident que l'apport en calcium, notamment sous forme de lait et de PL, est bénéfique à la santé osseuse durant l'enfance et l'adolescence, périodes cruciales pour la morphogenèse et la minéralisation osseuses, nécessitant des apports en calcium importants. Ces besoins correspondent aux apports nutritionnels journaliers actuellement recommandés en France (minimum de 900–950 mg/j). La consommation de lait et de produits laitiers mérite donc d'être particulièrement encouragée pendant l'enfance et l'adolescence.

Des variations génétiques, notamment dans le promoteur du récepteur de la vitamine D, pourraient contribuer à expliquer les différences observées dans les besoins en calcium/PL pour préserver la santé osseuse pendant l'adolescence entre les différentes origines ethniques.

Conflit d'intérêt

Aucun.

Références

- [1] Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: Tec et Doc; 2001.
- [2] Pettifor JM. Nutritional rickets: deficiency of vitamin D, calcium, or both? *Am J Clin Nutr* 2004;80(Suppl. 6):1725S–9S.
- [3] Black RE, Williams SM, Jones IE, Goulding A. Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. *Am J Clin Nutr* 2002;76:675–80.
- [4] Du X, Zhu K, Trube A, Zhang Q, Ma G, Hu X, et al. School-milk intervention trial enhances growth and bone mineral accretion in Chinese girls aged 10–12 years in Beijing. *Br J Nutr* 2004;92:159–68.
- [5] Huncharek M, Muscat J, Kupelnick B. Impact of dairy products and dietary calcium on bone-mineral content in children: results of a meta-analysis. *Bone* 2008;43:312–21.
- [6] Cheng S, Lyytikäinen A, Kröger H, Lamberg-Allardt C, Alén M, Koistinen A, et al. Effects of calcium, dairy product, and vitamin D supplementation on bone mass accrual and body composition in 10–12-y-old girls: a 2-y randomized trial. *Am J Clin Nutr* 2005;82:1115–26.
- [7] Esterle L, Sabatier JP, Guillon-Metz F, Walrant-Debray O, Guaydier-Souquières G, Jehan F, et al. Milk, rather than other foods, is associated with vertebral bone mass and circulating IGF-1 in female adolescents. *Osteoporos Int* 2009;20:567–75.
- [8] Heyman MB, Committee on nutrition. Lactose intolerance in infants, children and adolescents. *Pediatrics* 2006;118:1279–86.
- [9] Esterle L, Jehan F, Sabatier JP, Garabédian M. Higher milk requirements for bone mineral accrual in adolescent girls bearing specific Caucasian genotype in the VDR promoter. *J Bone Miner Res* 2009;24:1389–97.